

氏 名 ダーニ ヘルディウイジャヤ
Dhani Herdiwijaya
 学位(専攻分野) 博 士 (理 学)
 学位記番号 理 博 第 1806 号
 学位授与の日付 平 成 9 年 3 月 24 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
 研究科・専攻 理 学 研 究 科 宇 宙 物 理 学 専 攻
 学位論文題目 **THE PROPER MOTION OF INDIVIDUAL SUNSPOTS**
 (太陽の黒点の固有運動)

論文調査委員 (主 査)
 教 授 黒 河 宏 企 教 授 斎 藤 衛 助 教 授 平 田 龍 幸

論 文 内 容 の 要 旨

太陽黒点の強い磁場は、太陽内部の対流層でつくられた磁束管が表面に浮上して来たものであると考えられている。即ち太陽黒点は内部から浮上して来た磁束管の太陽表面における切り口であると云って良い。この浮上磁束管のエネルギーは種々の太陽表面活動現象を引き起こす根源であることが最近次第に明らかになって来ているので、太陽黒点の形態や運動の解析は、内部の磁束管の構造を知る為の有力な手段として注目されている。又、表面に浮上してくる磁束管は、ガスの対流運動や、自転運動等に制御されるので、黒点の運動を調べることが太陽外層大気自転速度や子午面流を求める有力な手段にもなっている。

この目的の為に従来行われた解析の多くは、黒点個々の動きを追跡する手間を省くために、黒点群の重心の動きを追跡する方法を採用しており、個々の黒点を追跡した場合でも、1日1回の観測で、2日間の黒点位置の差のみから運動速度を求めるものであった。これに対して申請者は、個々の黒点を3日以上にわたって追跡して、平均速度を求めるとともに、1日に多くの観測データを取得して、個々の黒点の短時間の動きの測定を可能にするなど、これまでにない高い密度の観測を行い、高精度の測定を行った。又、観測方法としては、望遠鏡及び撮影用カメラ等の据え付け精度の影響を避けるために工夫された三重露出法を初めて採用した。

本論文では、4年間にわたって得られた観測データの中で測定精度の高い276個の黒点を選んで、それぞれについて太陽経度及び緯度方向への移動速度を計算して解析を行っている。その結果、経度方向の平均速度から求まる自転速度(度/日)の緯度(B)による変化の式は、

$\omega(B) = (14.52 \pm 0.74) - (2.53 \pm 0.43) \sin^2 B$ となり、従来結果の中で Howard et al.(1984)の結果と最も良く合っていることを示した。また緯度方向の平均速度から求まる子午面流(度/日)は、

$V_M(B) = -(0.05 \pm 0.03) \sin 2B$ であって、赤道に向かっていることを示した。この結果は $B=20$ 度で 4.5 m/s に相当しており、従来求められていた値(2 m/s 以下)より大きい値となっている。

本論文は次に、上記のようにして求めた経度及び緯度方向の平均速度を個々の黒点の速度から差し引く

ことによって、個々の黒点の固有運動を求めている。この結果まず固有運動の速度分散は経度方向で 0.74 度/日とかなり大きく、これまで提出されている種々の自転速度の測定結果の間の差異に匹敵することを示し、又緯度方向の速度分散は 0.36 度/日で、子午面流の速度より一桁大きく、これが子午面流の決定精度を悪くしていることを示した。

また、経度方向と緯度方向の固有運動の相関が -0.14 ± 0.03 となることを示し、角運動量が random motion によって赤道方向へ運ばれているという従来からの考えを支持する結果を得ている。

次に個々の黒点の固有運動を先行黒点と後行黒点に分けて調べた結果、これらが経度方向については系統的に異なり、その相対速度の平均値として 52m/s であることを見い出している。これは異なる磁極の間隔が磁束管の浮上にもなって広がる速度を定量的に、統計的データから初めて求めたものであり、磁束管の浮上速度等に関係しているものと考察している。又、これらの相対速度の大きさを黒点群のチューリッヒ分類に分けて求め、黒点の進化の段階によって如何に変わるかを調べており、若い黒点群である A, B 型では相対速度が 93m/s と非常に大きく、衰退期に入った古い黒点群の GH, J 型ではわずか 4m/s と 0 に近いことを見い出している。

更に、本論文は 1 日に数多くの観測データを得ることによって、個々の黒点の短時間の運動の変化をも測定することに成功しており、その結果、平均速度より 1 桁も速い黒点の固有運動が突発的に起こることを 53 例発見している。又、これらの高速運動と H α フレア（太陽面爆発）発生との相関を調べて、その相関がかなり高いことを見い出しており、太陽表面爆発現象発生機構の研究の方向に示唆を与えている。

論文審査の結果の要旨

太陽黒点は太陽大気自転速度や子午面流等を求める為の追跡子（トレーサー）として従来良く用いられているが、これはまた対流層から浮上してくる磁束管の太陽表面での切り口であるので、太陽黒点の運動の測定は、浮上磁束管の構造と振る舞いを調べる上でも重要である。

従来から行われてきた黒点運動の測定はほとんどの場合、自転速度や子午面流等の大規模流の測定を主たる目的としていた為に、個々の黒点を追跡するのではなく、その手間を省いて黒点群の重心位置の追跡で代用するものであった。これに対して本研究では個々の黒点を直接数日間にわたって追跡しており、しかも従来一般的に行われていた 1 日 1 回の観測回数を数回に増やして、時間分解能を上げている。又、観測方法として、原理的に高精度であるにもかかわらず手間が掛かるため、この種の大量データ取得には従来使用されたことが無かった「三重露出法」を初めて採用している。この様に本論文は手間の掛かる高精度且つ高時間分解能の測定に敢えて挑戦することによって、太陽大気自転と子午面流の測定を行い、更に浮上磁束管の構造と運動について、新しい貴重なデータを得ることに成功している。

本論文は個々の黒点について太陽経度及び緯度方向への移動速度を計算して、まずそれらの平均速度から自転速度の緯度による変化（差動回転）と子午面流を導き出しており、これらは従来得られてきた結果とほぼ一致している。次に、これらの平均速度を個々の黒点の速度から差し引くことによって、個々の黒点の固有運動を求め、この速度分散は経度方向で 0.74 度/日と、かなり大きいことを見出した。この大きな固有運動の速度分散がこれまでに提出されている自転速度の測定結果の間の差異を説明するもので

あることを定量的に示したことは、新しい知見として評価出来る。

また、固有運動の経度方向と緯度方向の相関が -0.14 となり、角運動量が random motion によって赤道方向に運ばれているという従来の考えを支持する結果を得ていることは、自転運動の赤道加速の問題を考える上で重要であると評価できる。

次に、個々の黒点の固有運動を先行黒点と後行黒点に分けて調べた結果、これらが経度方向については系統的に異なり、その相対速度の平均値として 52m/s であることを見出ししている。太陽光球面へ磁束管が浮上するにつれて、異なる磁極を持つ黒点の間隔が広がることは、既に知られているが、多くの統計的データからその相対速度を定量的に求めたのは初めてである。又、これらの相対速度の大きさを黒点群のチューリッヒ分類に分けて求め、若い黒点群では相対速度が非常に大きく、衰退期に入った古い黒点群では0に近いことを統計的に初めて見出ししている。これらの結果はいずれも、対流層から太陽表面上への磁束管の浮上の実態を解明する上で、基本となる貴重な観測的数値である。

更に、本論文は1日に数多くの観測データを得ることによって、個々の黒点の短時間の運動の変化をも測定することに成功しており、その結果、平均速度より1桁も速い黒点の固有運動が突発的に起こることを多くの例について発見している。又、これらの高速運動と $H\alpha$ フレア（太陽面爆発）発生との相関を調べて、その相関がかなり高いことを見出ししている。太陽フレアの前後で速い黒点固有運動が存在する例は、これまでも既に報告されているが、統計的に調べたのは本論文が初めてである。

以上のように、本申請論文は太陽面上の黒点の運動について、独自に開発した高精度の観測方法を用いて、高時間分解の観測を長期間にわたって実施して、大量のデータを取得して測定し、統計的に解析することによって、太陽大気の大規模流および浮上磁束管の運動に関わるいくつかの新しい貴重な知見を与えている。よって、本申請論文は博士（理学）の学位論文として十分に価値あるものと認められる。

なお、主論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について諮問を行った結果、合格と認めた。